

LES ÉLÉMENTS MINÉRAUX DANS LES PATURAGES NATURELS

Les résultats des analyses des éléments minéraux présentés ci-dessous et figurant sur les cartes proviennent tous d'échantillons prélevés à l'occasion de missions d'agropastoralistes réalisées d'août 1964 à mars 1978 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9).

Ces échantillons ont été collectés sur des pâturages naturels situés pour la plupart dans la partie ouest et sud-ouest du Tchad, mais également dans la région de l'Ouadi Haddad, soit une zone comprise entre le 7^e et le 15^e parallèle nord et entre le 13^e et 21^e degré de longitude est.

Les prélèvements analysés sont :

- des graminées dont 237 échantillons monospécifiques et 55 mélanges. Parmi les premiers figurent *Andropogon* sp. (n * = 52 dont 40 pour *Andropogon gayanus*), *Aristida funiculata* (n = 22) et *Aristida mutabilis* (n = 15), *Hyparrhenia* sp. (n = 26), *Brachiaria* sp. (n = 17,) *Eragrostis* sp. (n = 15), *Panicum* sp. (n = 12),...
- des ligneux (n = 29) dont *Acacia seyal*, *Acacia albida*,...
- des herbacées diverses (n = 10) dont *Cyperus* sp., *Blepharis linariifolia*,...
- des légumineuses (n = 4).

Seules les analyses minérales des graminées ont été reportées sur les cartes. Pour faciliter leur lecture, les résultats ont été présentés selon des critères prenant en compte les teneurs en minéraux considérées à la limite des carences (8, 11).

Les normes suivantes ont été adoptées pour les limites de carence chez les ruminants à l'entretien.

Calcium	2 g/kg MS *	Cuivre	7 mg/kg MS **
Phosphore	2 g/kg MS	Zinc	45 mg/kg MS
Magnésium	0,7 g/kg MS	Manganèse	45 mg/kg MS
Potassium	3,2 g/kg MS	Fer	35 mg/kg MS
		Cobalt	0,07 mg/kg MS

* MS : matière sèche ; ** : sub-carence entre 5 et 7 mg/kg MS.

En ce qui concerne les différentes productions, les normes relatives aux macro-éléments qui peuvent être retenues pour les bovins sont (en g/kg MS) :

	Calcium	Phosphore	Magnésium	Potassium
Début de croissance	2,4 – 6	2,2 – 4,3	0,9	3,3
Fin de croissance	2,3 – 5	2,2 – 2,8	0,9	
Gestation	3,3 – 5,0	2,7 – 4,2		
Lactation	3,3 – 4,6	2,6 – 3,4	1,1	3,7

Des recommandations proches sont données pour les ovins :

	Calcium	Phosphore	Magnésium	Potassium
Agneaux en croissance	2,6 – 5	1,6 – 2,7	0,7	4,0
Gestation	3,5	2,5		
Lactation	2,5 – 6	2 – 3	0,7	

Pour les oligo-éléments, les recommandations sont les suivantes :

Cuivre	5-10 mg/kg MS
Zinc	50 mg/kg MS
Manganèse	50 mg/kg MS
Fer	10-15 mg/kg MS
Cobalt	0,07-1 mg/kg MS

Principaux constituants des graminées

Les résultats sont exprimés en gramme par kg de matière sèche (g/kg MS) à l'exception des teneurs en matière sèche exprimées en pourcentage.

Ils sont présentés dans les tableaux I et II en fonction de la nature des sols (10) car, du fait du mode d'élevage à caractère extensif, l'interdépendance du sol, du végétal et de l'animal est encore plus étroite qu'en pays tempéré. Un déséquilibre du sol en éléments minéraux retentit fatalement sur l'animal par l'intermédiaire de l'aliment herbacé. Ils sont également présentés en fonction de la teneur en matière sèche de la plante collectée, cette teneur ayant une certaine relation avec le stade végétatif.

Teneur en matières minérales totales (= cendres totales)

Sur sol hydromorphe, la teneur en cendres totales varie peu en fonction de la teneur en matière sèche.

Sur sol ferrugineux tropical et sur sol steppique, la teneur en cendres diminue beaucoup entre la montaison et la floraison puis reste stable.

Il n'y a pas de relation entre la teneur en cendres totales et les teneurs en calcium et en phosphore (tableau I).

Tableau I Composition en cendres totales et silice des graminées, en fonction de la teneur en matière sèche et du sol considéré (g/kg MS).

MS (%)	Sol	n	Cendres		Silice		Cendres - silice	
			\bar{x}	CV %	\bar{x}	CV %	\bar{x}	CV %
20-40	St	31	95,4 ± 11,8	33,1	49,6 ± 9,7	52,2	51,9 ± 8,3	42,8
	H	50	94,0 ± 7,7	29,2	54,1 ± 5,9	39,2	40,3 ± 3,9	34,7
	FT	42	85,4 ± 7,4	28,5	44,1 ± 5,6	41,7	40,6 ± 4,0	32,3
40-60	St	14	74,3 ± 6,6	14,8	47,8 ± 7,1	24,9	26,5 ± 6,2	38,9
	H	37	85,2 ± 7,4	26,4	58,1 ± 5,3	27,7	26,5 ± 3,6	41,1
	FT	21	68,6 ± 12,0	37,6	41,9 ± 10,1	51,6	26,2 ± 3,5	28,2
60-80	St	15	74,8 ± 6,8	15,9	46,4 ± 7,5	28,2	31,0 ± 8,7	49,0
	H	5	97,8 ± 29,8	22,0	65,8 ± 23,5	25,7	26,7 ± 21,9	59,2
	FT	4	70,9 ± 41,2	31,6	46,6 ± 40,2	47,0	24,7 ± 13,0	28,7
80-100	St	30	84,0 ± 10,6	33,3	51,9 ± 8,1	41,0	32,2 ± 6,3	51,2
	H	18	89,7 ± 14,4	31,3	57,4 ± 10,7	36,4	32,5 ± 8,1	48,9
	FT	5	71,7 ± 32,5	32,6	35,3 ± 32,2	65,7	37,4 ± 19,9	38,2

ST : sol steppique ; H : sol hydromorphe ; FT : sol ferrugineux tropical ;
 \bar{x} : moyenne, avec intervalle de confiance à 5 % ; CV : coefficient de variation.

Teneur en silice

Les plus fortes concentrations sont observées sur sol hydromorphe.

Le taux de silice des graminées varie énormément à stade végétatif équivalent et pour un même sol. Toutefois, plus la teneur en matières minérales totales est élevée, plus le taux de silice retrouvé dans l'échantillon est important.

La teneur en cendres totales diminuée du taux de silice donne des valeurs comprises entre 2 et 4 p. 100 pour les sols hydromorphes et ferrugineux tropicaux, 2 et 5 p. 100 pour les sols steppiques (tableau I).

Teneur en matières azotées totales (MAT)

Elle chute après le stade montaison, pour rester ensuite à une teneur à peu près stable au fur et à mesure que le pourcentage de matière sèche augmente.

En comparant à même classe de teneur en matière sèche, les graminées sur sol steppique sont plus riches en MAT que celles collectées sur sol hydromorphe, ces dernières ayant une teneur légèrement supérieure à celle observée sur sol ferrugineux tropical (tableau II).

Tableau II Composition en cellulose brute et matières azotées totales des graminées, en fonction de la teneur en matière sèche et du sol considéré (g/kg MS).

MS (%)	Sol	n	Cellulose brute		Matières azotées totales	
			\bar{x}	CV (%)	\bar{x}	CV (%)
20-40	St	31	349,1 ± 20,4	15,7	78,1 ± 13,0	44,6
	H	50	354,7 ± 15,5	15,6	59,8 ± 8,8	52,8
	FT	42	378,6 ± 13,3	11,5	47,9 ± 8,2	56,0
40-60	St	14	382,3 ± 21,6	9,4	46,0 ± 8,9	32,2
	H	37	390,9 ± 11,3	8,9	30,7 ± 4,7	47,2
	FT	21	395,9 ± 22,9	12,4	30,0 ± 6,7	48,0
60-80	St	15	390,1 ± 19,1	8,6	43,2 ± 9,8	39,6
	H	5	385,2 ± 64,8	12,1	31,7 ± 20,7	47,0
	FT	4	382,4 ± 76,1	10,8	29,1 ± 34,7	65,0
80-100	St	30	383,6 ± 8,3	5,7	37,4 ± 6,7	47,1
	H	18	383,8 ± 19,3	9,8	30,5 ± 7,8	50,2
	FT	5	391,1 ± 24,4	4,5	22,5 ± 13,3	42,7

St : sol steppique ; H : sol hydromorphe ; FT : sol ferrugineux tropical ;
 \bar{x} : moyenne, avec intervalle de confiance à 5 % ; CV : coefficient de variation.

Teneur en cellulose brute

Elle augmente avec l'âge de la plante. Ce phénomène est surtout sensible dans les premiers stades végétatifs.

Pour un même stade végétatif, quand la teneur en cellulose augmente, les taux de calcium et phosphore diminuent. Ceci s'observe pour toutes les graminées, quel que soit le type de sol, et tient aux phénomènes de dilution qui ont lieu lorsque la plante vieillit (tableau II).

Composition en macro-éléments et en oligo-éléments des graminées

Les résultats figurent dans le tableau III en fonction des types de sol et selon les limites de carences citées dans le paragraphe 2.

Tableau III Teneur des graminées en macro-éléments, selon le sol (g/kg MS).

Élément minéral	Sol	Échantillons carencés			Échantillons non carencés			Ensemble		
		n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %
Ca	St	10	$1,8 \pm 0,19$	11,1	80	$3,8 \pm 0,31$	36,8	90	$3,6 \pm 0,31$	41,7
	H	20	$1,6 \pm 0,14$	18,8	93	$3,5 \pm 0,33$	45,7	113	$3,2 \pm 0,30$	50
	FT	5	$1,7 \pm 0,42$	17,7	71	$4,1 \pm 0,49$	51,2	76	$3,9 \pm 0,48$	53,9
	Σ	35	$1,68 \pm 0,09$	16,7	244	$3,78 \pm 0,24$	50,3	279	$3,51 \pm 0,22$	54,4
P	St	64	$1,13 \pm 0,10$	35,4	26	$2,7 \pm 0,25$	22,2	90	$1,57 \pm 0,17$	51,0
	H	91	$1,02 \pm 0,10$	49,0	22	$2,69 \pm 0,32$	26,0	113	$1,36 \pm 0,15$	58,8
	FT	60	$1,17 \pm 0,10$	34,2	16	$2,41 \pm 0,17$	12,4	76	$1,38 \pm 0,14$	43,5
	Σ	215	$1,10 \pm 0,06$	41,8	64	$2,64 \pm 0,15$	22,35	279	$1,45 \pm 0,10$	55,9
Mg	St	0	—	—	60	$1,80 \pm 0,20$	44,4	60	$1,80 \pm 0,20$	44,4
	H	9	$0,62 \pm 0,07$	12,9	78	$1,74 \pm 0,16$	40,2	82	$1,66 \pm 0,17$	48,2
	FT	0	—	—	45	$2,39 \pm 0,27$	37,7	45	$2,39 \pm 0,27$	37,7
	Σ	9	$0,62 \pm 0,07$	12,9	178	$1,97 \pm 0,12$	41,6	187	$1,96 \pm 0,13$	46,9
K	St	1	2,6	—	59	$12,9 \pm 2,1$	62,8	60	$12,7 \pm 2,10$	64,6
	H	2	3,1	—	85	$11,8 \pm 1,35$	53,4	86	$11,7 \pm 0,92$	54,7
	FT	0	—	—	45	$11,1 \pm 1,27$	38,7	45	$11,1 \pm 1,27$	38,7
	Σ	3	$2,93 \pm 0,94$	10,6	188	$12,2 \pm 0,94$	54,0	191	$12,0 \pm 0,95$	55,5

St : sol steppique ; H : sol hydromorphe ; FT : sol ferrugineux tropical.

Macro-éléments

Les valeurs extrêmes observées sont (en g/kg MS) :

	Saison des pluies	Début de saison sèche
Calcium	2,8 – 5,3	1,4 – 3,9
Phosphore	1,4 – 3,3	0,5 – 1,9
Magnésium	1,4 – 3,5	0,7 – 2,1
Potassium	2,6 – 37 *	
*(toutes saisons confondues, majorité des prélèvements entre 11 et 13) .		

Le sodium a été analysé dans 8 échantillons où les extrêmes observés ont été de 34,4 ppm pour un prélèvement d'*Aristida* sp. et 7 415 ppm pour *Echinochloa colona*.

* n = nombre de prélèvements.

Oligo-éléments

Les extrêmes ont été (en ppm/kg MS) :	cuivre	1,6 à 13
	Zinc	5,5 à 44
	Manganèse	29 - 690
	Fer	52 - 904
	Cobalt	0,05 - 1,3

Les coefficients de variation de ces analyses montrent une grande variabilité des teneurs pour l'ensemble des minéraux.

Principales conclusions sur les teneurs en minéraux des graminées

La composition minérale des plantes fourragères dépend de quatre facteurs de base interdépendants :

- le type de sol sur lequel les plantes poussent,
- les conditions climatiques et saisonnières durant la croissance ;
- le stade de maturité des plantes ;
- le genre, l'espèce ou la variété.

Analyse des données en fonction des plantes

Les analyses montrent que le genre et l'espèce sont les facteurs de variation les plus importants des teneurs en phosphore, calcium et magnésium. Sur l'ensemble des données ou au niveau des familles végétales ; il ressort néanmoins que :

- les feuilles sont plus riches en éléments minéraux que la plante entière ;
- tous les organes des graminées s'appauvrissent en minéraux en vieillissant ;
- les graminées vivaces sont plus riches en potassium que les graminées annuelles ;
- les légumineuses sont 3 à 6 fois plus riches en calcium que les graminées. En revanche, les teneurs en potassium et magnésium sont du même ordre de grandeur pour les graminées et les légumineuses.

Analyse des données en fonction des sols

Les résultats sont présentés dans les tableaux III et IV.

Les graminées des sols steppiques sont les plus riches en phosphore, potassium et cuivre et les plus pauvres en manganèse.

Les graminées des sols hydromorphes sont les plus riches en manganèse, fer et cobalt, mais les moins bien pourvues en calcium, phosphore, magnésium, cuivre et zinc.

Les graminées des sols ferrugineux tropicaux, enfin, sont les mieux pourvues en calcium, magnésium et zinc, mais les plus pauvres en potassium, fer et cobalt.

Tous les échantillons de graminées sans exception sont carencés en zinc, aucun en fer, et pratiquement aucun en magnésium et potassium.

Tableau IV Teneur des graminées en oligo-éléments, selon le sol.

Élément minéral	Sol	Échantillons carencés			Échantillons non carencés			Ensemble		
		n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %
Cu	St	14	$3,68 \pm 0,72$	32,6	1	11,5	–	15	$4,2 \pm 1,34$	55,5
	H	25	$3,6 \pm 0,59$	40,0	1	9,3	–	26	$3,8 \pm 0,73$	46,8
	FT	23	$3,52 \pm 0,47$	30,1	2	10,3	–	25	$4,06 \pm 0,97$	56,9
	Σ	62	$3,66 \pm 0,30$	33,1	4	$10,33 \pm 5,0$	26,4	66	$4,07 \pm 0,50$	50,9
Zn	St	15	$20,43 \pm 5,9$	50,3	0	–	–	15	$20,4 \pm 5,9$	50,3
	H	26	$18,2 \pm 2,8$	36,8	0	–	–	26	$18,2 \pm 2,8$	36,8
	FT	25	$22,4 \pm 2,9$	31,0	0	–	–	25	$22,4 \pm 2,9$	31,0
	Σ	66	$20,48 \pm 1,8$	36,9	0	–	–	66	$20,48 \pm 1,8$	36,9
Mn	ST	3	$35,0 \pm 19,6$	18,4	12	$100,9 \pm 48,2$	71,9	15	$87,7 \pm 40,1$	79,8
	H	0	–	–	26	$192,5 \pm 65,0$	82,0	26	$192,5 \pm 65,0$	82,0
	FT	1	38,0	–	24	$136,6 \pm 31,8$	53,9	25	$132,7 \pm 31,5$	56,4
	Σ	4	$35,7 \pm 10,1$	15,3	62	$152,4 \pm 30,3$	79,2	66	$145,3 \pm 29,2$	82,7
Fe	St	0	–	–	15	$226 \pm 88,3$	68,6	15	$226 \pm 88,3$	68,6
	H	0	–	–	26	$287 \pm 100,1$	84,7	26	$287 \pm 100,1$	84,7
	FT	0	–	–	25	$225 \pm 44,2$	46,7	25	$225 \pm 44,2$	46,7
	Σ	0	–	–	66	$239,4 \pm 41,2$	70,7	66	$239,4 \pm 41,2$	70,7
Co	St	3	0,07	0	10	$0,19 \pm 0,10$	63,4	13	$0,17 \pm 0,08$	76,5
	H	6	$0,06 \pm 0,007$	10,0	18	$0,36 \pm 0,17$	91,7	24	$0,29 \pm 0,13$	106,9
	FT	1	0,06	–	21	$0,17 \pm 0,05$	58,8	22	$0,17 \pm 0,05$	58,8
	Σ	10	$0,06 \pm 0,007$	16,7	49	$0,23 \pm 0,06$	95,7	59	$0,21 \pm 0,05$	100

St : sol steppique ; H : sol hydromorphe ; FT : sol ferrugineux tropical.

Composition minérale des ligneux

Les résultats sont présentés dans les tableaux V et VI.

Le tableau V montre que les feuilles ont des teneurs en calcium et magnésium plus élevées que les graminées. Les valeurs en phosphore sont en revanche, voisines.

Tableau V Composition moyenne des organes des ligneux (en g/kg MS).

Organes	n	Ca	P	Mg	K
Feuilles	23	17,8 ± 5,4	1,81 ± 0,35	4,14 ± 1,11	15,9 ± 4,0
Fruits	6	4,3 ± 2,3	4,33 ± 6,65	2,22 ± 1,6	13,4 ± 1,8

Tableau VI Composition moyenne des ligneux par familles (g/kg MS).

Ligneux	n	Ca	P	Mg	K
Mimosacées (feuilles) <i>Acacia albida</i> , <i>A. raddiana</i> , <i>A. senegal</i> , <i>A. seyal</i>	5	22,7 ± 21,9	1,57 ± 0,54	3,35 ± 2,5	10,9 ± 4,9
Mimosacées (gousses) <i>Acacia albida</i> , <i>A. seyal</i>	3	4,5 ± 7,6	1,89 ± 2,38	1,8 ± 2,2	12,7 ± 2,8
Caesalpiniacées (feuilles) <i>Bauhinia rufescens</i> , <i>Daniellia oliveri</i> , <i>Piliostigma</i> <i>reticulatum</i>	3	16,9 ± 27,0	2,03 ± 1,2	3,5 ± 2,0	11,9 ± 8,1
Caesalpiniacées (fruits) <i>P. reticulatum</i>	2	4,10	9,0	1,55	14,6
Capparidacées (feuilles) <i>Cadaba farinosa</i> , <i>Crateva</i> <i>religiosa</i> , <i>Maerua crassifolia</i>	3	14,8 ± 24,8	1,98 ± 3,95	5,8 ± 14,2	28,1
Rubiacées (feuilles) <i>Mitragyna inermis</i> <i>Gardenia aqualla</i>	2	15,25	1,83	3,90	19,6
Zygophyllacées (feuilles) <i>Balanites aegyptiaca</i>	2	40,85	1,08	7,94	22,3
Anacardiées (feuilles) <i>Sclerocarya birrea</i>	2	30,56	0,89	4,67	6,7
Combretacées (feuilles) <i>Combretum glutinosum</i>	1	2,7	1,76	3,0	15,0
Bignoniacées (feuilles) <i>Stereospermum kunthianum</i>	1	6,3	4,07	4,7	19,5
Loganiacées (feuilles) <i>Strychnos spinosa</i>	1	9,1	2,25	6,0	13,6
Sapotacées (feuilles) <i>Vitellaria paradoxa</i>	1	4,0	1,62	1,9	16,9
Papilionacées (feuilles) <i>Lonchocarpus laxiflorus</i>	1	7,1	2,32	3,1	21,3
Rhamnacées (feuilles) <i>Ziziphus mauritiana</i>	1	22,5	1,21	2,7	11,1
Tiliacées (fruits) <i>Grewia sp.</i>	1	4,23	2,33	4,8	12,8

Les carences

Les résultats des analyses ci-dessus correspondent à un ensemble de prélèvements récoltés en saison des pluies et en début de saison sèche. Ils ne représentent l'ingéré minéral que durant cette période, les plantes des pâturages naturels se modifiant tout au long de la saison sèche, bien souvent en s'appauvrissant en minéraux.

Ces données montrent cependant que les graminées ont des teneurs insuffisantes en phosphore, cuivre et zinc, carences non compensées par les ligneux par exemple. Les valeurs en calcium sont — dans certains cas — à la limite de carence, les ligneux pouvant réduire celle-ci par des teneurs relativement importantes en cet élément.

Le nombre d'échantillons récoltés est insuffisant pour pouvoir définir des zones de carences précises dans des régions déterminées.

Néanmoins, un programme de distribution de pierres à lécher pourra être mis en place sur l'ensemble du pays afin de limiter les effets de l'insuffisance d'apport en phosphore, cuivre, zinc et parfois en calcium.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Dulieu D., Gaston A. et collab.** – Étude agrostologique pour l'aménagement hydraulique pastorale des Yaérés (rapport final). Maisons-Alfort, IEMVT ; N'Djaména, CBLT, 1976. 50 p.
2. **Gaston A.** – Étude agrostologique du Kanem (Préfecture du Kanem, au sud du 16^e parallèle et préfecture du Lac). Maisons-Alfort, IEMVT, 1967. 147 p.
3. **Gaston A.** – Étude agrostologique des pâturages de la zone de transhumance de l'Ouadi-Haddad Tchad. Maisons-Alfort, IEMVT, 1969. 64 p.
4. **Gaston A.** – Ensemble pastoraux de l'ouest du Batha (République du Tchad). Maisons-Alfort - IEMVT ; Laboratoire de Farcha. Fort Lamy, IEMVT, 1969. 50 p.
5. **Gaston A.** – Étude agrostologique des pâturages du projet Assalé-Serbewel (Tchad - Cameroun). Maisons Alfort, IEMVT, 1974. 143 p.
6. **Gaston A.** – Étude de la piste à bétail N'Djaména-Laï. Maisons-Alfort, IEMVT, 1975. 56 p.
7. **Gaston A., Peyre de Fabrègues B., Klein D., Dulieu D.** – Pâturages du Sud-Ouest du Tchad. Maisons-Alfort, IEMVT, 1976. 62 p.
8. **Gueguen L., Lamand M.** – Les minéraux. Éléments minéraux majeurs. In : Jarrige R. Alimentation des ruminants. Versailles, INRA, 1978. 129-142.
9. **Peyre de Fabrègues B.** – Étude de la piste à bétail Ati-N'Djaména. Maisons-Alfort, IEMVT, 1974. 27 p.
10. **Pias J.** – Les sols du moyen et bas Logone, du bas Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr el Ghazal. Paris, ORSTOM, 1962. 438 p. (Mémoire ORSTOM 2).
11. **Underwood E.J.** – The mineral nutrition of livestock, Farnham Royal, 2nd ed., CAB, 1981. 180 p.